

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

日本国特許庁

21.06.00

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENTJP 00/4076
EUV

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 6月23日

REC'D 11 AUG 2000

WIPO PCT

出願番号
Application Number:

平成11年特許願第177177号

出願人
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 7月28日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3058412

【書類名】 特許願

【整理番号】 R3274

【提出日】 平成11年 6月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 3/02
G02B 13/00
G11B 7/09

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 田中 康弘

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 山形 道弘

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1 0 0 6番地 松下電器産業株式会社内

 【氏名】 笹埜 智彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100095555

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 池内 寛幸

 【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

 【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003743

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ディスク用対物レンズ、並びにそれを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側の外周領域の 2 つの領域からなり、前記外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板のうち厚みの小さい第 1 の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記内周領域の非球面形状は、厚みの大きい第 2 の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記外周領域と内周領域との境界は光軸方向に段差をもって接しており、下記式 (1) ~ (4) の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$t_1 < t_2 \quad (1)$$

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

$$0.38 < NA_1 < 0.46 \quad (3)$$

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

但し、

t_1 : 第 1 の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第 2 の光ディスク基板の厚み

NA_1 : 内周領域の開口における対物レンズの NA

TW : 第 1 の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差 (単位は λ : rms)

n : 第 1 の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズの屈折率

p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差

λ : 第 1 の光ディスクを再生するときの光源の波長

【請求項 2】 第 1 の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の 3 次の球面収差成分 S_3 が略 0 である請求項 1 に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項3】 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の5次の球面収差成分S5（単位は λ : r m s）が下記式（5）の関係を満足する請求項1又は2に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$-0.03 < S5 < 0.03 \quad (5)$$

【請求項4】 内周領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_3 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_3 が下記式（6）の関係を満足する請求項1～3のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

$$0.8 < t_3 < 1.2 \quad (6)$$

【請求項5】 内周領域と外周領域の段差が断面円弧状である請求項1～4のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項6】 ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項1～5のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項7】 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のいずれよりも厚みの大きい光ディスク基板に対して球面収差を補正し、下記式（7）、（8）の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

但し、

NA2 : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA3 : 中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

【請求項8】 中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_4 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 が下記式（9）の関係を満足

する請求項 7 に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

【請求項 9】 内周領域と中間領域との境界あるいは中間領域と外周領域との境界のいずれか一方が段差なしに接続された請求項 7 又は 8 に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項 10】 内周領域と中間領域の段差あるいは中間領域と外周領域の段差が断面円弧状である請求項 7 又は 8 に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項 11】 ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項 7～10 のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項 12】 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の 3 つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板のうち厚みの小さい第 1 の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_5 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 が下記式 (10) の関係を満足し、前記外周領域は前記内周領域に対して光軸方向に波長の整数倍の光路長に相当する段差をもって形成されており、下記式 (11)～(13) の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$1.0 < t_5 < 1.4 \quad (10)$$

$$t_1 < t_2 \quad (11)$$

$$0.35 < NA_2 < 0.43 \quad (12)$$

$$0.03 < NA_3 - NA_2 < 0.1 \quad (13)$$

但し、

t_1 : 第 1 の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第 2 の光ディスク基板の厚み

NA_2 : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズの NA

NA3：中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

【請求項13】 第2の光ディスク基板を通じて集光するときの内周領域と中間領域のそれぞれの波面収差が最小になる焦点位置が等しい請求項12に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項14】 第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域の範囲における波面収差の3次の球面収差成分S3が略0である請求項12又は13に記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項15】 内周領域と中間領域との境界が段差なしに接続された請求項12～14のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項16】 中間領域と外周領域との境界が前記中間領域と前記外周領域の形状の交点に設定された請求項12～15のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項17】 内周領域と中間領域との境界及び中間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続された請求項12～16のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項18】 ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項12～17のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズ。

【請求項19】 2つの光源と、前記2つの光源から出射した光線をそれぞれの光源に対応した厚みの第1及び第2の光ディスク基板を通して情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が請求項1～18のいずれかに記載の光ディスク用対物レンズであることを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項20】 光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる第1及び第2の光ディスク基板の情報媒体面上に情報を記録し、あるいは前記情報媒体面上に記録された情報を再生する光学情報記録再生装置であって、前記光ヘッド装置として請求項19に記載の光ヘッド装置を用いることを特徴とする光学情報記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、デジタルビデオディスク、デジタルオーディオディスク、コンピュータ用の光メモリディスク等の光ヘッドに用いられる対物レンズに関し、特に、1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れ対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズ、並びにそれを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、光ディスク用の光ヘッド装置においては、情報媒体面上に回折限界の点像を集光して情報を記録し又は再生するための対物レンズとして、非球面を有する単レンズが多く用いられている。しかし、最近、厚みの異なる光ディスクを互換再生する必要性が増加しており、例えば、ディスク厚みが1.2mmのCDあるいはCD-ROMとディスク厚みが0.6mmのDVDあるいはDVD-ROMを1つの光ヘッドで読み取ることが要求されている。この場合、2枚の対物レンズを使用する方法もあるが、光学系をより簡素化するためには、1枚のレンズで厚みの異なる2種類の光ディスクに対応できる方が有利である。また、その対物レンズもなるべく簡素な構成であることが望まれる。

【0003】

例えば、特開平8-334690号、特開平9-184975号、特開平10-55564号等の各公報においては、このような目的を達成するためのレンズが提案されている。以下、従来の対物レンズについて、図20を参照しながら説明する。図20は従来の対物レンズと光ディスクとの関係を示す配置図である。

【0004】

図20(a)は、厚み0.6mmの光ディスク32に集光したときの、両面非球面对物レンズ33の光路図を示したものである。対物レンズ33の光源側の面は外周領域34と内周領域35とに分けられている。外周領域34は厚み0.6mmの光ディスク32に対して球面収差が補正されている。一方、内周領域35は厚み0.9mmの光ディスクに対して球面収差が補正されている。内周領域3

5と外周領域34の境界は、1つの光源の波長655nmに対して厚み1.2mmのディスクを再生するのに必要なNAで決められる。例えば、厚み1.2mmの光ディスクを波長780nm、NA0.45で再生する場合、655nmの光源ではNA0.37程度となる。内周領域35は厚み0.6mmの光ディスクに対して球面収差を持つことになるが、トータルの収差は回折限界といわれている 0.07λ よりも遙かに小さく、厚み0.6mmの光ディスクを再生するには十分な収差に収まる。

【0005】

図20(b)は、同じ対物レンズ33を用いて厚み1.2mmの光ディスク36に集光したときの光路図を示したものである。同じ対物レンズ33の内周領域35は厚み0.9mmの光ディスクに対して最適化されているため、厚み1.2mmの光ディスク36に対しては収差が小さい。しかし、外周領域34は厚み0.6mmの光ディスク32に対して最適化されているため、厚み1.2mmの光ディスク36に対しては収差が大きく、集光に寄与しなくなる。従って、外周領域34は開口に似た働きもする。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

光源が1つの場合には、上記条件の下で厚み0.6mm、1.2mmの2種類の光ディスクに対して性能を満足させることができる。しかし、厚み1.2mmの光ディスクをCD-Rのように780nmの光源で再生する必要がある場合には、波長が長くなるために相対的にNAを上げる必要が生じ、内周領域と外周領域との境界をより大きくしなければならなくなる。このため、厚み0.6mmの光ディスクに対して発生する収差が大きくなり、集光特性が劣化してしまうという問題がある。

【0007】

本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズ、並びにそれを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を提

供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第1の構成は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側の外周領域の2つの領域からなり、前記外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記内周領域の非球面形状は、厚みの大きい第2の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記外周領域と内周領域との境界は光軸方向に段差をもって接しており、下記式(1)～(4)の関係を満足することを特徴とする。

【0009】

$$t_1 < t_2 \quad (1)$$

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

$$0.38 < NA_1 < 0.46 \quad (3)$$

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

但し、

t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み

NA_1 : 内周領域の開口における対物レンズのNA

TW : 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差 (単位は λ : rms)

n : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズの屈折率

p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差

λ : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長

この光ディスク用対物レンズの第1の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光

ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

【0010】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の3次の球面収差成分 S_3 が略0であるのが好ましい。この好ましい例によれば、光ディスクの基板厚み誤差に対して性能の劣化を最小限に抑えることができる。

【0011】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の5次の球面収差成分 S_5 (単位は $\lambda : \text{rms}$) が下記式(5)の関係を満足するのが好ましい。

【0012】

$$-0.03 < S_5 < 0.03 \quad (5)$$

この好ましい例によれば、第1の光ディスクを再生するときの集光特性、特に、エアリーリングのピーク強度を抑えることができ、その結果、光ディスクの再生特性の劣化を防止することができる。

【0013】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、内周領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_3 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_3 が下記式(6)の関係を満足するのが好ましい。

【0014】

$$0.8 < t_3 < 1.2 \quad (6)$$

この好ましい例によれば、第1の光ディスクに対しては集光スポットの劣化を抑え、第2の光ディスクに対しては第1の光ディスクよりも低い記録密度とすることにより、第2の光ディスクでの光ディスク傾きによってコマ収差の影響を低減して、球面収差以外のスポットの劣化要因を抑えることができる。

【0015】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、内周領域と外周領域の段差が断面円弧状であるのが好ましい。この好ましい例によれば

、バイトや砥石等を用いて容易に加工することができる。

【0016】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、ガラス成形又は樹脂成形によって作製されるのが好ましい。この好ましい例によれば、非球面形状を型に加工しておくことにより、同一の形状及び性能を有するレンズを、安価に量産することが可能となる。

【0017】

また、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第2の構成は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のいずれよりも厚みの大きい光ディスク基板に対して球面収差を補正し、下記式(7)、(8)の関係を満足することを特徴とする

【0018】

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

但し、

NA2：内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA3：中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

この光ディスク用対物レンズの第2の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

【0019】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、中間領

域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_4 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 が下記式 (9) の関係を満足するのが好ましい。

【0020】

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

この好ましい例によれば、第2の光ディスクに対する収差を良好に補正することができる。

【0021】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、内周領域と中間領域との境界あるいは中間領域と外周領域との境界のいずれか一方が段差なしに接続されているのが好ましい。この好ましい例によれば、レンズの加工時に生じる無効部分を減らして光量を確保することができると共に、集光特性の劣化を抑えることができる。

【0022】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、内周領域と中間領域の段差あるいは中間領域と外周領域の段差が断面円弧状であるのが好ましい。

【0023】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、ガラス成形又は樹脂成形によって作製されているのが好ましい。

【0024】

また、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第3の構成は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_5 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 が下記式 (1

0) の関係を満足し、前記外周領域は前記内周領域に対して光軸方向に波長の整数倍の光路長に相当する段差をもって形成されており、下記式 (11) ~ (13) の関係を満足することを特徴とする。

【0025】

$$1. \quad 0 < t_5 < 1.4 \quad (10)$$

$$t_1 < t_2 \quad (11)$$

$$0.35 < NA_2 < 0.43 \quad (12)$$

$$0.03 < NA_3 - NA_2 < 0.1 \quad (13)$$

但し、

t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み

NA_2 : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA_3 : 中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

この光ディスク用対物レンズの第3の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

【0026】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域のそれぞれの波面収差が最小になる焦点位置が等しいのが好ましい。この好ましい例によれば、情報媒体面で反射した光が受光素子に入射したとき、内周領域と中間領域で同じ位置に戻ってくるので、正確な信号光を得ることができる。

【0027】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域の範囲における波面収差の3次の球面収差成分 S_3 が略0であるのが好ましい。この好ましい例によれば、第2の光ディスクを良好に記録再生することができる。

【0028】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、内周領

域と中間領域との境界が段差なしに接続されているのが好ましい。

【0029】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、中間領域と外周領域との境界が前記中間領域と前記外周領域の形状の交点に設定されているのが好ましい。また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、内周領域と中間領域との境界及び中間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続されているのが好ましい。このように中間領域と外周領域との境界が中間領域と外周領域の形状の交点に設定され、内周領域と中間領域との境界及び中間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続されているという好ましい例によれば、非球面形状から段差をなくして、加工を容易にすることができると共に、面形状から無効部分をなくして、光量の損失を抑制することができる。

【0030】

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、ガラス成形又は樹脂成形によって作製されているのが好ましい。

【0031】

以上のように、本発明の光ディスク用対物レンズは、単レンズの収差補正を、2つの光ディスクの基板厚みに対してそれぞれ必要な集光性能が得られるように設計したものである。光ディスクの基板厚みが小さく、NAが高い方のレンズの収差において、トータルの収差は基板厚みの大きい光ディスクでの収差を考慮する必要があるために従来よりも大きい値となるが、外周領域と内周領域で設計形状を変えると共に、外周領域と内周領域との境界に光軸方向の段差を持たせることにより、高密度に記録された光ディスク側でのスポットの形状を良好に保つことができる。また、光ディスクの基板厚みが大きく、記録密度及びNAが低い方のレンズの収差においては、必要な開口内の収差を十分小さく抑えると共に、必要な開口の外側での収差を急激に悪化させることにより、絞りを設けたのと同様の効果を持たせることができる。その結果、安定した性能で情報を記録し、又は情報を再生することができる。

【0032】

また、本発明に係る光ヘッド装置の構成は、2つの光源と、前記2つの光源から出射した光線をそれぞれの光源に対応した厚みの第1及び第2の光ディスク基板を通して情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が前記本発明の光ディスク用対物レンズであることを特徴とする。

【0033】

また、本発明に係る光学情報記録再生装置の構成は、光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる第1及び第2の光ディスク基板の情報媒体面上に情報を記録し、あるいは前記情報媒体面上に記録された情報を再生する光学情報記録再生装置であって、前記光ヘッド装置として前記本発明の光ヘッド装置を用いることを特徴とする。

【0034】

この光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置の構成によれば、異なる基板厚さの2種類の光ディスクに対し、1つの対物レンズで記録再生を行うことができるので、安価な光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を実現することができる。また、いずれの光ディスクに対してもそれぞれの光ディスクの状態に適した収差内容を対物レンズの開口に応じて持たせることにより、1つの対物レンズで、異なる2種類の光ディスクに対し、良好な記録、再生、消去性能を得ることができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0036】

〈第1の実施の形態〉

図1は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図を示している。

【0037】

図1に示すように、本実施の形態の対物レンズ2は、両面非球面の単レンズか

らなり、光源側の面 3 は回転対称非球面である。また、対物レンズ 2 の光ディスク 6 側の面は、内周領域 4 と外周領域 5 とに分けられている。そして、入射光線 1 は対物レンズ 2 に入射した後、対物レンズ 2 によって光ディスク 6 の情報媒体面 6 a に集光される。

【0038】

再生あるいは記録すべき光ディスク 6 としては、基材の厚みが 0.6 mm の第 1 の光ディスクと、基材の厚みが 1.2 mm の第 2 の光ディスクとが用意されている。

【0039】

第 1 の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差（単位は $m\lambda : rms$ ）を TW としたとき、TW は下記式（2）の関係を満足するのが望ましい。

【0040】

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

TW が 0.05 以下の場合には、第 2 の光ディスクを再生するときの所望の開口内での収差が悪くなりすぎるために、満足な集光特性が得られなくなる。一方、TW が 0.12 以上の場合には、第 1 の光ディスクでの収差が悪くなりすぎて、同様に満足な集光特性が得られなくなる。

【0041】

また、内周領域 4 の開口における対物レンズ 6 の NA を NA1 としたとき、NA1 は下記式（3）の関係を満足するのが望ましい。

【0042】

$$0.38 < NA1 < 0.46 \quad (3)$$

NA1 が 0.38 以下の場合には、第 2 の光ディスクを再生するときの開口が小さくなりすぎて、スポット径が大きくなりすぎてしまう。一方、NA1 が 0.46 以上の場合には、第 1 の光ディスクでの収差が上記式（2）の上限を越えないと、第 2 の光ディスクでの収差を満足することができず、その結果、第 1 の光ディスクでの収差が悪化してしまう。

【0043】

また、第 1 の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズ 2 の

屈折率を n 、内周領域 4 と外周領域 5 の光軸方向の段差を p 、第 1 の光ディスクを再生するときの光源の波長を λ としたとき、 $p(n-1)/\lambda$ は下記式 (4) の関係を満足するのが望ましい。

【0044】

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

$p(n-1)/\lambda$ が 0.1 以下の場合あるいは 0.6 以上の場合には、第 1 の光ディスクを再生するときの集光特性、特に、エアリーリングのピーク強度が高くなりすぎて、光ディスク 6 の再生特性が劣化してしまう。

【0045】

また、第 1 の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の 5 次の球面収差成分を $S5$ (単位は λ : rms) としたとき、 $S5$ は下記式 (5) の関係を満足するのが望ましい。

【0046】

$$-0.03 < S5 < 0.03 \quad (5)$$

$S5$ が -0.03 以下の場合あるいは 0.03 以上の場合には、上記式 (4) の場合と同様に、第 1 の光ディスクを再生するときの集光特性、特に、エアリーリングのピーク強度が高くなりすぎて、光ディスク 6 の再生特性が劣化してしまう。

【0047】

また、内周領域 4 の非球面形状を、光ディスク 6 の厚み $t3$ に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 $t3$ は下記式 (6) の関係を満足するのが望ましい。

【0048】

$$0.8 < t3 < 1.2 \quad (6)$$

$t3$ が 0.8 以下の場合には、第 2 の光ディスクに対する収差補正が不足してしまう。一方、 $t3$ が 1.2 以上の場合には、第 1 の光ディスクに対する収差が悪化してしまう。

【0049】

図 2 は本発明の第 1 の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形

状を示す構成図である。図2に示すように、対物レンズ2の光ディスク6側の面には、内周領域4と外周領域5との境界に光軸にほぼ平行な（光軸方向の）段差7が設けられている。図2においては、分かり易くするために、段差7が実際よりも強調して描かれているが、実際の段差7は $0.3\mu\text{m}$ 前後である。このような形状は理想的であるが、例えば、対物レンズ2をガラス成形で作製する場合、その型は超硬のような非常に硬い物であり、砥石による研削加工が必要となる。従って、内周領域4と外周領域5との境界における段差7は、例えば、円弧形状のような形状8になってしまう。しかし、実際の形状8と理想的な形状5とが異なる領域は、例えば、砥石の半径が 2mm の場合、半径方向でせいぜい $35\mu\text{m}$ 程度であり、レンズの全有効径（約 4mm ）に対して十分に小さく、レンズ性能にはほとんど影響を与えない。

【0050】

次に、本実施の形態における光ディスク用対物レンズ2の具体的な数値例を示す。尚、以下の各実施例において、以下に示す符号は共通とする。但し、対物レンズ2の第1面は光源側の面、第2面は光ディスク6側の面とする。また、光ディスク6は平行平板とする。さらに、第1の光ディスクに集光する第1の光源の波長を 655nm 、第2の光ディスクに集光する第2の光源の波長を 800nm とした。また、第1の光ディスクの第1の光源における屈折率を 1.57835 とし、第2の光ディスクの第2の光源における屈折率を 1.57153 とした。

【0051】

f_1 : 第1の光源における対物レンズの焦点距離

WD_1 : 第1の光ディスクに対する対物レンズの作動距離

n_1 : 第1の光源における対物レンズの屈折率

d : 対物レンズのレンズ厚み

t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み

t_3 : 内周領域の非球面形状を球面収差が0となるように最適化するときの光ディスク基板の厚み

NA : 対物レンズの NA

NA 1 : 内周領域の開口における対物レンズの NA

f 2 : 第 2 の光源における対物レンズの焦点距離

WD 2 : 第 2 の光ディスクに対する対物レンズの作動距離

n 2 : 第 2 の光源における対物レンズの屈折率

TW : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収差 (単位は λ (波長) : rms)

p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差

S 3 : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収差の 3 次の球面収差成分 (単位は λ (波長) : rms)

S 5 : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収差の 5 次の球面収差成分 (単位は λ (波長) : rms)

また、非球面形状は、下記 (数 1) によって与えられる。

【0052】

【数 1】

$$x = \frac{C_j h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_j) C_j^2 h^2}} + \sum A_{j,n} h^n$$

【0053】

但し、上記 (数 1) における各符号の意味は以下の通りである。

【0054】

h : 光軸からの高さ

X : 光軸からの高さが h の非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

C_j : 対物レンズの第 j 面の非球面頂点の曲率 ($C_j = 1 / R_j$)

K_j : 対物レンズの第 j 面の円錐定数

$A_{j,n}$: 対物レンズの第 j 面の n 次の非球面係数

但し、 j = 1、2

(実施例 1)

以下に、実施例 1 の具体的数値を示す。

【0055】

$$f_1 = 3.3142$$

$$WD_1 = 1.891$$

$$n_1 = 1.602892$$

$$d = 1.8$$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_3 = 1.1$$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.42$$

$$f_2 = 3.3384$$

$$WD_2 = 1.521$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0056】

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0057】

$$R_2 = -17.3537$$

$$K_2 = -3.61277 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.06605 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.06794 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 9.75688 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = -2.01568 \times 10^{-6}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0058】

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

【0059】

$$TW = 0.112$$

$$p = 0.00059274$$

$$p(n1-1)/\lambda = 0.545$$

$$S3 = 0.0125$$

$$S5 = 0.0231$$

図3に、本実施例の収差図を示す。図3(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図3(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図4に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。他のスポットの断面強度分布の計算においても同様に、入射光線の光量分布は一様であるとした。尚、図4中の破線は波面収差が0の波面における理想的な点像強度分布を示している。また、計算された点像の最大ピークを1に正規化して示している。図4においては、特に光ディスクの性能に大きな影響を及ぼすエアリーリング付近の点像強度分布を拡大して示している。以上のことは、以下の実施例2～6についても同様である。

【0060】

第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスクは、NA0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図3(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差は±0.25λ程度であり、波面収差は0.112λ:rmsにも達している。しかし、図4に示した

スポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク6の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

【0061】

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましいが、図3(b)に示すように、第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA0.42以内では非常に小さく、それ以上のNAでは急激に大きくなっていくことが分かる。光路長収差が非常に大きい場合には、光ディスク6の情報媒体面上で反射した光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ2に開口を設けたことと同じになり、厚みが1.2mmの光ディスク6に対しても、対物レンズ2に新たに開口を設けことなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0062】

(実施例2)

以下に、実施例2の具体的数値を示す。

【0063】

$$f_1 = 3.3142$$

$$WD_1 = 1.890$$

$$n_1 = 1.602892$$

$$d = 1.8$$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_3 = 1.0$$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.42$$

$$f_2 = 3.3384$$

$$WD_2 = 1.540$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータ、並びに第2面の内周領域及び外周領域におけ

るレンズ形状パラメータは、上記実施例 1 と同じである。

【0064】

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

【0065】

$TW = 0.0743$

$p = 0.00030266$

$p(n_1 - 1) / \lambda = 0.279$

$S3 = 0.0025$

$S5 = -0.011$

図 5 に、本実施例の収差図を示す。図 5 (a) には第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図 5 (b) には第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図 6 に、第 1 の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

【0066】

第 1 の光ディスク基板の厚みは 0.6 mm であり、第 1 の光ディスクは、NA 0.6 の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましい。図 5 (a) から分かるように、第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差は最大で約 -0.4λ 程度であり、波面収差は $0.074\lambda : \text{rms}$ である。しかし、図 6 に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

【0067】

また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましいが、図 5 (b) に示すように、第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.42 以内では非常に小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。従って、上記実施例 1 と同様に、対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けことなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0068】

(実施例3)

以下に、実施例3の具体的数値を示す。

【0069】

$$f_1 = 3.3128$$

$$WD_1 = 1.890$$

$$n_1 = 1.602892$$

$$d = 1.8$$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_3 = 1.0$$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.44$$

$$f_2 = 3.3370$$

$$WD_2 = 1.541$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0070】

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0071】

$$R_2 = -17.26266$$

$$K_2 = -4.55689 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.13486 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.11949 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.04423 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -5.61508 \times 10^{-7}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0072】

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

【0073】

$$TW = 0.072$$

$$p = 0.00015135$$

$$p(n1-1)/\lambda = 0.139$$

$$S3 = 0.0031$$

$$S.5 = -0.028$$

図7に、本実施例の収差図を示す。図7(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図7(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図8に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

【0074】

第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスクは、NA 0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図7(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差は最大で約-0.5λ程度であり、波面収差は0.072λ: rmsである。しかし、図8に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク6の性能上問題なく再生あるいは記録が可能と

なる。

【0075】

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましいが、図7(b)に示すように、第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA0.44以内では非常に小さく、それ以上のNAでは急激に大きくなっていくことが分かる。従って、上記実施例1と同様に、対物レンズ2に開口を設けたことと同じになり、厚みが1.2mmの光ディスク6に対しても、対物レンズ2に新たに開口を設けことなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0076】

(実施例4)

以下に、実施例4の具体的数値を示す。

【0077】

$$f_1 = 3.3106$$

$$WD_1 = 1.889$$

$$n_1 = 1.602773$$

$$d = 1.805$$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_3 = 0.9$$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.44$$

$$f_2 = 3.3341$$

$$WD_2 = 1.538$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0078】

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0079】

$$R_2 = -17.0574$$

$$K_2 = -5.33838 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.25485 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.18514 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.22997 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -3.46201 \times 10^{-6}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0080】

$$R_2 = -16.46575$$

$$K_2 = 0.0$$

$$A_{2,4} = 6.72727 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.46112 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.96560 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -9.90970 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

【0081】

$$TW = 0.0589$$

$$p = 0.00030266$$

$$p(n_1 - 1) / \lambda = 0.274$$

$$S_3 = 0.0018$$

$$S_5 = -0.003$$

図9に、本実施例の収差図を示す。図9(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図9(b)には第2の光源と第2の光デ

ィスクに対する光路長収差を示している。また、図 10 に、第 1 の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

【0082】

第 1 の光ディスク基板の厚みは 0.6 mm であり、第 1 の光ディスクは、NA 0.6 の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましい。図 9 (a) から分かるように、第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差は最大で約 -0.3λ 程度であり、波面収差は $0.059\lambda : \text{rms}$ である。しかし、図 10 に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、特に、エアリーリングのピーク強度は理想的な点像強度分布よりもさらに低く、光ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

【0083】

また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましいが、図 9 (b) に示すように、第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.44 以内では非常に小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。従って、上記実施例 1 と同様に、対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けことなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0084】

〈第 2 の実施の形態〉

図 11 は本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図を示している。

【0085】

図 11 に示すように、本実施の形態の対物レンズ 2 は、両面非球面の単レンズからなり、光源側の面 3 は回転対称非球面である。また、対物レンズ 2 の光ディスク 6 側の面は、内周領域 9 と中間領域 10 と外周領域 11 とに分けられている。そして、入射光線 1 は対物レンズ 2 に入射した後、対物レンズ 2 によって光ディスク 6 の情報媒体面 6a に集光される。

【0086】

ここで、内周領域 9 と中間領域 10 との境界における対物レンズ 2 の NA を NA2、中間領域 10 と外周領域 11 との境界における対物レンズ 2 の NA を NA3 としたとき、NA2、NA3 は下記式 (7)、(8) の関係を満足するのが望ましい。

【0087】

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

NA2 が 0.35 以下の場合あるいは 0.43 以上の場合には、第 2 の光ディスクに対して望ましいスポット径が得られない。また、NA3 - NA2 が 0.03 以下の場合には、中間領域 10 の幅が狭くなりすぎて、第 2 の光ディスクに対する収差の補正が困難となる。一方、NA3 - NA2 が 0.1 以上の場合には、逆に中間領域 10 の幅が広くなりすぎて、第 1 の光ディスクに対する収差が劣化してしまう。

【0088】

また、中間領域 10 の非球面形状を、光ディスク 6 の厚み t_4 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 は下記式 (9) の関係を満足するのが望ましい。

【0089】

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

t_4 が 1.4 以下の場合あるいは 2.0 以上の場合には、第 2 の光ディスクに対する収差が悪化してしまう。

【0090】

図 12 は本発明の第 2 の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図である。図 12 に示すように、対物レンズ 2 の光ディスク 6 側の面には、内周領域 9 と中間領域 10 との境界に光軸にほぼ平行な段差 12 が設けられている。図 12 においては、分かり易くするために、段差 12 が実際よりも強調して描かれているが、実際の段差 12 は $0.3 \mu m$ 前後である。このような形状は理想的であるが、実際の加工において砥石による研削加工を行うと、内

周領域 9 と中間領域 10 との境界における段差 12 は、例えば、円弧形状のような形状 13 になってしまう。しかし、実際の形状 13 と理想的な形状 10 とが異なる領域は、例えば、砥石の半径が 2 mm の場合、半径方向でせいぜい $35 \mu\text{m}$ 程度であり、レンズの全有効径（約 4 mm）に対して十分に小さく、レンズ性能にはほとんど影響を与えない。一方、中間領域 10 と外周領域 11 との境界においては段差が生じないように、中間領域 10 の形状が決定されている。

【0091】

次に、本実施の形態における光ディスク用対物レンズ 2 の具体的な数値例を示す。尚、上記第 1 の実施の形態において示した共通の符号以外に下記の符号を追加する。

【0092】

NA2 : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズの NA

NA3 : 中間領域と外周領域との境界における対物レンズの NA

t4 : 中間領域の非球面形状を球面収差が 0 となるように最適化するときの光ディスク基板の厚み

(実施例 5)

以下に、実施例 5 の具体的な数値を示す。

【0093】

$$f1 = 3.300$$

$$WD1 = 1.890$$

$$n1 = 1.602972$$

$$d = 1.8$$

$$t1 = 0.6$$

$$t2 = 1.2$$

$$t4 = 1.8$$

$$NA2 = 0.39$$

$$NA3 = 0.44$$

$$f2 = 3.3241$$

$$WD2 = 1.538$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0094】

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域及び外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0095】

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

第2面の中間領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0096】

$$R_2 = -18.9318$$

$$K_2 = 1.65803 \times 10$$

$$A_{2,4} = 2.81973 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -4.83241 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,8} = -3.23374 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = 1.75251 \times 10^{-5}$$

図13に、本実施例の収差図を示す。図13(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図13(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図14に、第1の光ディ

スクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

【0097】

第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスクは、NA 0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図13(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差はNA 0.4付近で-0.5 λ 程度となる。しかし、図14に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク6の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

【0098】

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましいが、図13(b)に示すように、第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.44以内では小さく、それ以上のNAでは急激に大きくなっていくことが分かる。光路長収差が非常に大きい場合には、光ディスク6の情報媒体面上で反射した光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ2に開口を設けたことと同じになり、厚みが1.2mmの光ディスク6に対しても、対物レンズ2に新たに開口を設けことなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0099】

〈第3の実施の形態〉

図15は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図を示している。

【0100】

図15に示すように、本実施の形態の対物レンズ2は、両面非球面の単レンズからなり、光源側の面3は回転対称非球面である。また、対物レンズ2の光ディスク6側の面は、内周領域14と中間領域15と外周領域16とに分けられている。そして、入射光線1は対物レンズ2に入射した後、対物レンズ2によって光ディスク6の情報媒体面6aに集光される。

【0101】

ここで、中間領域15の非球面形状を、光ディスク6の基板厚み t_5 に対して

球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 は下記式(10)の関係を満足するのが望ましい。

【0102】

$$1.0 < t_5 < 1.4 \quad (10)$$

t_5 が1.0以下の場合あるいは1.4以上の場合には、第2の光ディスクに対する内周領域14と外周領域16との境界よりも内側での開口における球面収差が劣化する。

【0103】

また、内周領域14と中間領域15との境界における対物レンズ2のNAをNA2、中間領域15と外周領域16との境界における対物レンズ2のNAをNA3としたとき、NA2、NA3は下記式(12)、(13)の関係を満足するのが望ましい。

【0104】

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (12)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (13)$$

NA2が0.35以下の場合あるいは0.43以上の場合には、第2の光ディスクに対して望ましいスポット径が得られない。また、 $NA3 - NA2$ が0.03以下の場合には、中間領域15の幅が狭くなりすぎて、第2の光ディスクに対する収差の補正が困難となる。一方、 $NA3 - NA2$ が0.1以上の場合には、逆に中間領域15の幅が広くなりすぎて、第1の光ディスクに対する収差が劣化してしまう。

【0105】

図16は本発明の第3の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図である。図16に示すように、対物レンズ2の光ディスク6側の面において、内周領域14と中間領域15との境界は段差なしに接続されている。また、外周領域16の形状は、内周領域14と光路長が1波長分ずれた形状17に等しい。また、中間領域15と外周領域16との境界にも段差が生じないように、中間領域15と外周領域16との境界が定められている。

【0106】

以上のように、本実施の形態の対物レンズ2においては、内周、中間、外周の各領域間に段差を設けない構成としたので、加工が容易となる。

【0107】

(実施例6)

以下に、実施例6の具体的数値を示す。

【0108】

$$f1 = 3.300$$

$$WD1 = 1.890$$

$$n1 = 1.602972$$

$$d = 1.8$$

$$t1 = 0.6$$

$$t2 = 1.2$$

$$t4 = 1.2$$

$$NA2 = 0.39$$

$$NA3 = 0.46$$

$$f2 = 3.3241$$

$$WD2 = 1.539$$

$$n2 = 1.598424$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

【0109】

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域及び外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。但し、外周領域の形状の光軸との交点は内周領域のそれに対して0.00109だけ第1面側へ平行移動している。

【0110】

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

第2面の中間領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。但し、中間領域の形状の光軸との交点は内周領域のそれに対して0.0003419だけ第1面側へ平行移動している。

【0111】

$$R_2 = -17.3870$$

$$K_2 = -2.71760 \times 10$$

$$A_{2,4} = 3.98819 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -9.93390 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,8} = 6.64032 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = 6.11772 \times 10^{-6}$$

図17に、本実施例の収差図を示す。図17(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図17(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図18に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。図17(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差はNAが0.46以上で1波長ずれているが、図18に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク6の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

【0112】

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましいが、図17(b)に示すように、第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA0.46以内では小さく、それ以上のNAでは急

激に大きくなっていくことが分かる。光路長収差が非常に大きい場合には、光ディスク 6 の情報媒体面上で反射した光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

【0113】

また、第 2 の光ディスクに集光した場合に、内周領域 14 と中間領域 15 のそれぞれの波面収差が最小となる焦点位置が等しくなるように、中間領域 15 の形状が設計されている。このため、光ディスク 6 の情報媒体面で反射した光線が受光素子に入射したとき、内周領域 14 と中間領域 15 で同じ位置に戻ってくるので、正確な信号光が得られる。

【0114】

さらに、本実施例では、第 2 の光ディスクに集光した場合の内周領域 14 と中間領域 15 の範囲における波面収差の 3 次の球面収差成分が -0.0019λ と非常に小さいため、第 2 の光ディスクを良好に再生あるいは記録することができる。

【0115】

尚、上記各実施例 1～6 で示した対物レンズ 2 は、ガラス成形あるいは樹脂成形によって作製するのが望ましい。非球面形状を型に加工しておくことにより、同一の形状及び性能を有するレンズを、安価に量産することが可能となるからである。

【0116】

<第 4 の実施の形態>

次に、上記第 1～第 3 の実施の形態における光ディスク用対物レンズ 2 を用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置について、図 19 を用いて説明する。図 19 は本発明の第 4 の実施の形態における光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を示す構成図である。

【0117】

図 19 に示すように、第 1 の光源である波長 655 nm の半導体レーザー 18 か

ら出射した光束19は、コリメートレンズ20によって略平行光となる。コリメートレンズ20によって略平行光となった光束19は、ビームスプリッター21を透過し、上記第1～第3の実施の形態で示した対物レンズ2によって厚み0.6mmの第1の光ディスク23の情報媒体面23a上に集光される。また、第2の光源である波長が800nmの半導体レーザ24から出射した光束25は、コリメートレンズ26によって略平行光となる。コリメートレンズ26によって略平行光となった光束25は、ビームスプリッター21で反射し、同じ対物レンズ2によって厚み1.2mmの第2の光ディスク27の情報媒体面27a上に集光される。ここで、対物レンズ2は、可動式のホルダー28に装着されており、光ディスクの面ぶれ等に追従してその焦点を常に情報媒体面上に合わせると共に、対物レンズ2の開口を制限する働きもする。集光スポットは情報媒体面23aあるいは27aに形成された凹凸によって回折される。情報媒体面23aあるいは27aで回折し、反射されたレーザ光（光束19あるいは25）は、ビームスプリッター21で反射し、凸レンズ29及びシリンドリカルレンズ30で屈折して受光素子31上に集光される。そして、受光素子31の電気信号により、情報媒体面23aあるいは27aで変調された光量変化が検出され、データが読み取られる。

【0118】

上記のように波長655nmの第1の光源を用いて基板厚み0.6mmの第1の光ディスク23に集光した場合、対物レンズ2は波面収差の値そのものは大きいものの、集光されたスポットは、特に第1の光ディスク23の記録再生に大きな影響を与えるエアリーリングの強度が相対的に低いため、良好な記録再生特性を得ることができる。

【0119】

また、上記のように波長800nmの第2の光源を用いて基板厚み1.2mmの第2の光ディスク27に集光した場合には、レンズホルダー28の開口はNA0.6に相当したままであるが、対物レンズ2のNAが0.4ないし0.45以上では光路長収差が急激に大きくなっており、対物レンズ2に開口を設けたことと同じになる。また、受光側においても、NAが0.4ないし0.45以上では

、その大きな光路長収差のために、受光素子 31 の外側に光線が来るので、結果として対物レンズ 2 にマスクしたことと（開口を設けたことと）同じになる。もちろん、NA が 0.4 ないし 0.45 以内では第 2 の光源に対して光路長収差が十分に補正されているため、厚み 1.2 mm の第 2 の光ディスク 27 に対して良好な記録再生特性を得ることができる。

【0120】

以上のように、それぞれの光ディスクの状態に適した収差内容を対物レンズ 2 に持たせることにより、異なる 2 種類の光ディスクに対して、1 つのレンズで良好な記録再生を行うことができる。

【0121】

尚、上記実施の形態においては、光源の波長を 655 nm と 800 nm に設定しているが、他の波長、例えば、400 nm と 650 nm 等の組み合わせであってもよい。

【0122】

また、上記実施の形態においては、2 種類の光ディスクの基板厚みを 0.6 mm と 1.2 mm に設定しているが、他の厚み、例えば、0.3 mm と 0.6 mm 等の組み合わせであってもよい。

【0123】

また、上記実施の形態においては、対物レンズ 2 の屈折率をほぼ 1.6 近辺に設定しているが、使用可能なガラス材料、樹脂材料の範囲で、例えば、1.45 から 2.0 等の範囲のものを用いてもよい。

【0124】

また、上記実施の形態においては、第 1 の光ディスクに対する NA を 0.6 に設定しているが、これよりも高い、あるいは低い NA であってもよい。

【0125】

また、上記実施の形態においては、対物レンズ 2 の光ディスク側の面（第 2 面）に段差等を形成しているが、対物レンズ 2 の光源側の面（第 1 面）に段差等を形成してもよい。また、上記実施の形態で示したような機能を、従来の単レンズとは別の例えば平行平板等の光学素子に付加するようにしてもよい。

【0 1 2 6】

また、上記実施の形態においては、対物レンズ 2 に対して光ディスクの基板厚みによって開口制限を変えなかったが、異なる基板厚みに応じて開口制限を付加するようにしてもよい。

【0 1 2 7】

また、上記実施の形態においては、光ディスク用対物レンズ 2 に対して略平行光を入射させる場合を例に挙げて説明したが、半導体レーザから出射された光を直接 1 つのレンズで集光したり、又はコリメートレンズによって略平行光とせずに発散光又は集束光とする有限倍率のレンズを用いてもよい。

【0 1 2 8】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、1 枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる 2 種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズ、並びにそれを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 1 の収差図

【図 4】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 1 の点像強度分布を示すグラフ

【図 5】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 2 の収差

図

【図 6】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 2 の点像
強度分布を示すグラフ

【図 7】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 3 の収差

図

【図 8】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 3 の点像
強度分布を示すグラフ

【図 9】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 4 の収差

図

【図 1 0】

本発明の第 1 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 4 の点像
強度分布を示すグラフ

【図 1 1】

本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディス
クに集光したときの光路図

【図 1 2】

本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の
面の形状を示す構成図

【図 1 3】

本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 5 の収差

図

【図 1 4】

本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 5 の点像
強度分布を示すグラフ

【図 1 5】

本発明の第 3 の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図

【図 1 6】

本発明の第 3 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図

【図 1 7】

本発明の第 3 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 6 の収差図

【図 1 8】

本発明の第 3 の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例 6 の点像強度分布を示すグラフ

【図 1 9】

本発明の第 4 の実施の形態における光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を示す構成図

【図 2 0】

従来の光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図

【符号の説明】

- 1 入射光線
- 2 対物レンズ
- 3 対物レンズの光源側の面
- 4 対物レンズのディスク側の面の内周領域
- 5 対物レンズのディスク側の面の外周領域
- 6 光ディスク
- 6 a 情報媒体面
- 7 段差
- 9 対物レンズのディスク側の面の内周領域
- 1 0 対物レンズのディスク側の面の中間領域
- 1 1 対物レンズのディスク側の面の外周領域

1 4 対物レンズのディスク側の面の内周領域

1 5 対物レンズのディスク側の面の中間領域

1 6 対物レンズのディスク側の面の外周領域

1 8 半導体レーザー

1 9 光束

2 0 コリメートレンズ

2 1 ビームスプリッター

2 3 第 1 の光ディスク

2 3 a 情報媒体面

2 4 半導体レーザー

2 5 光束

2 6 コリメートレンズ

2 7 第 2 の光ディスク

2 7 a 情報媒体面

2 8 ホルダー

2 9 凸レンズ

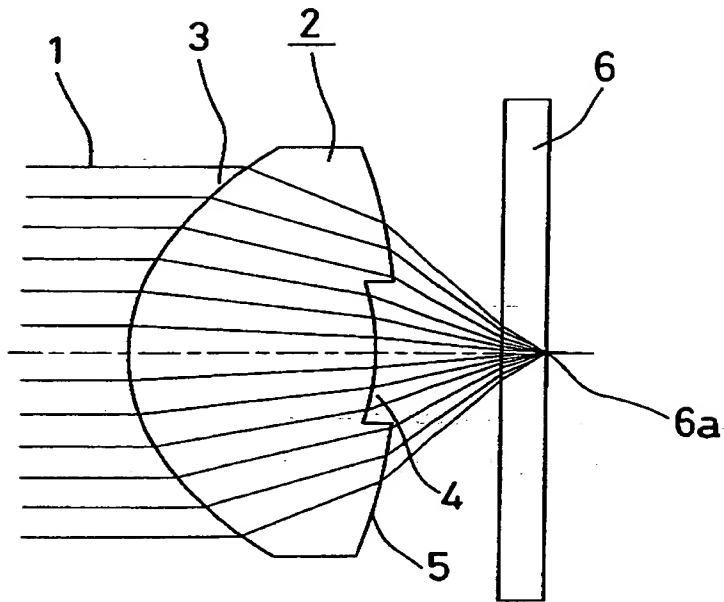
3 0 シリンドリカルレンズ

3 1 受光素子

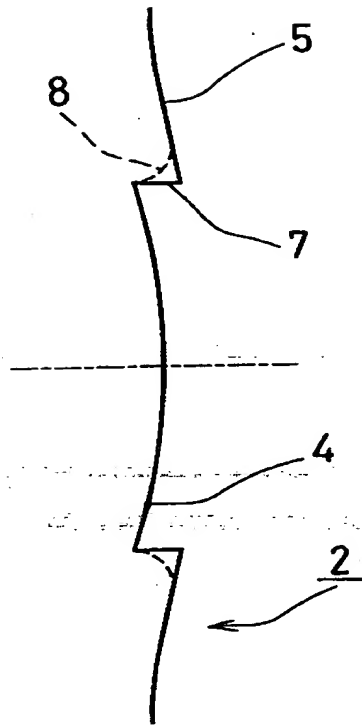
【書類名】

図面

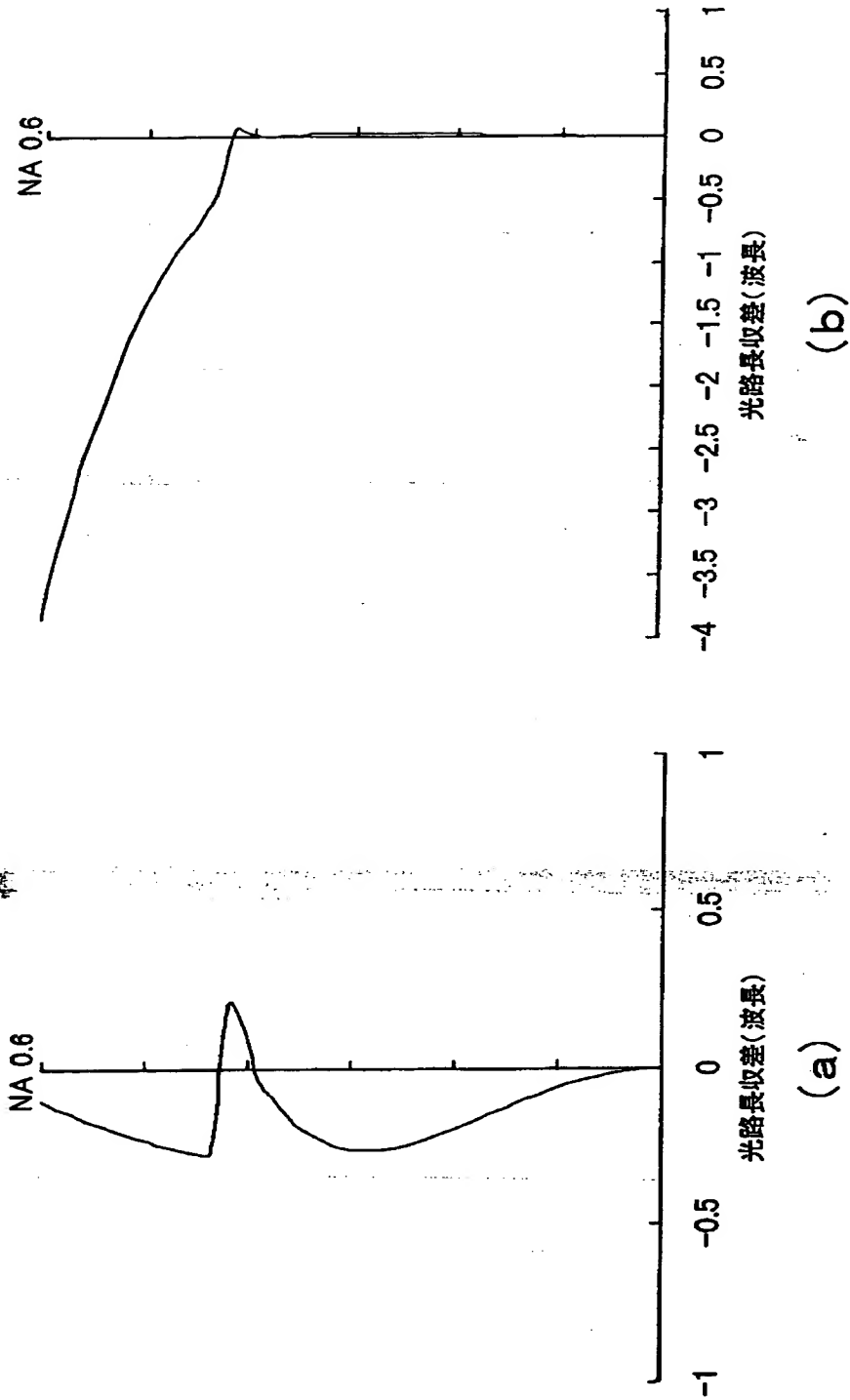
【図 1】



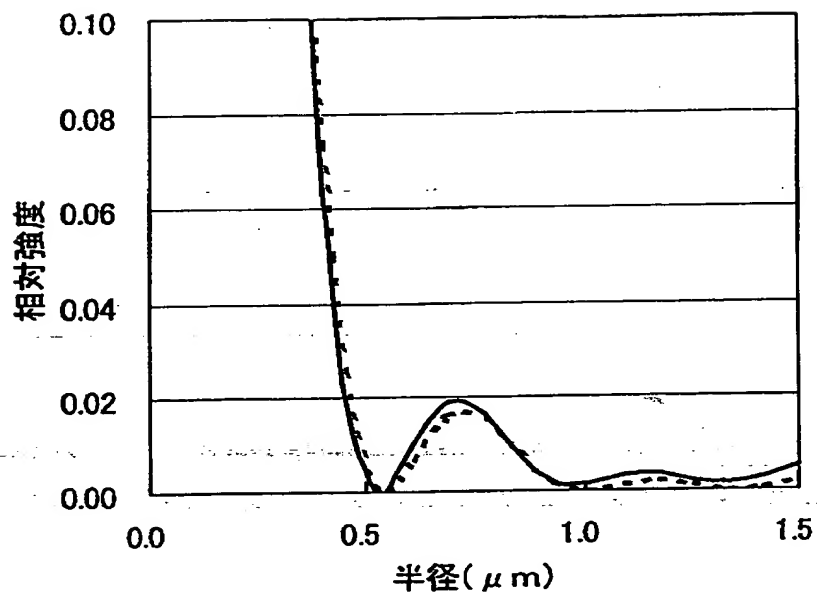
【図 2】



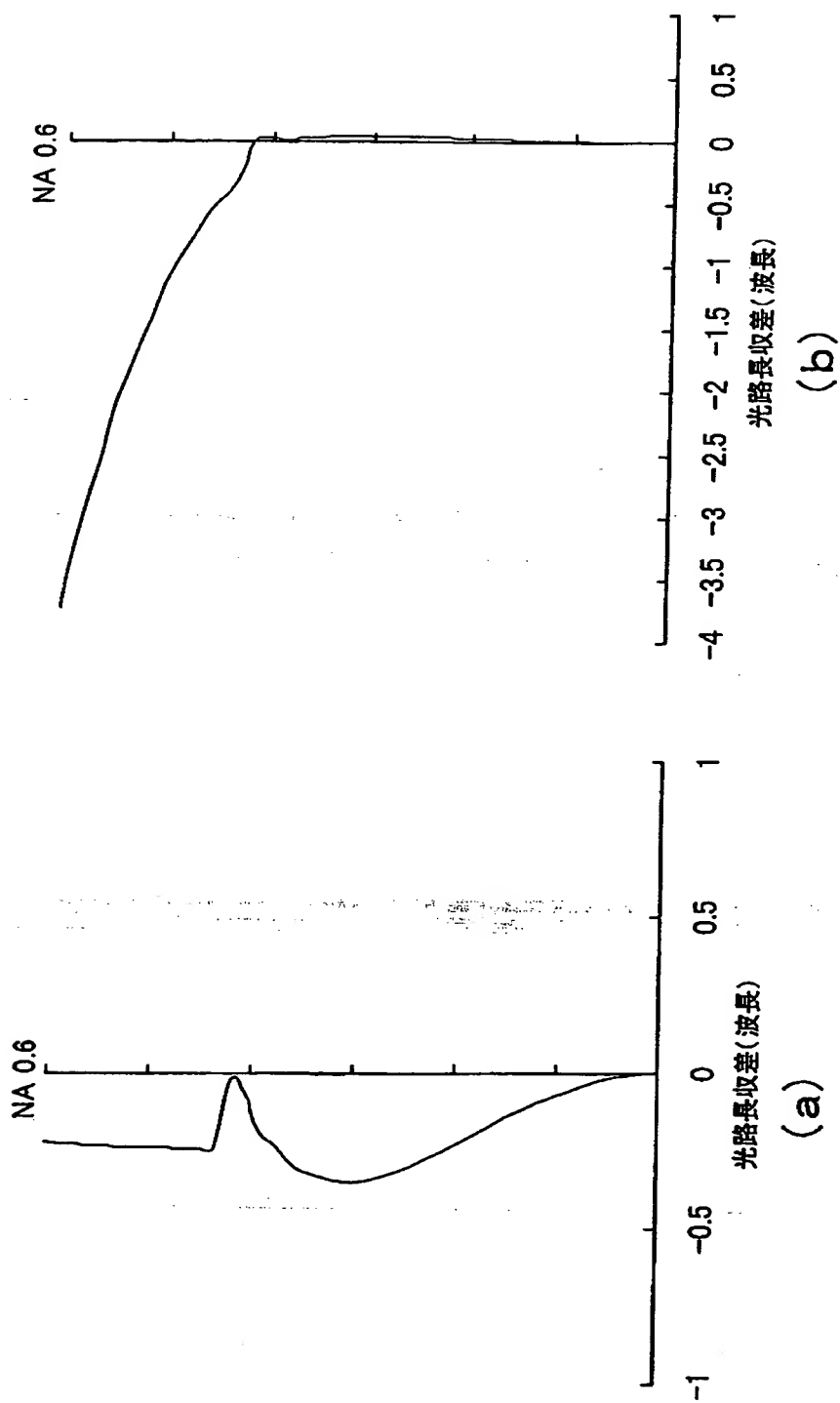
【図 3】



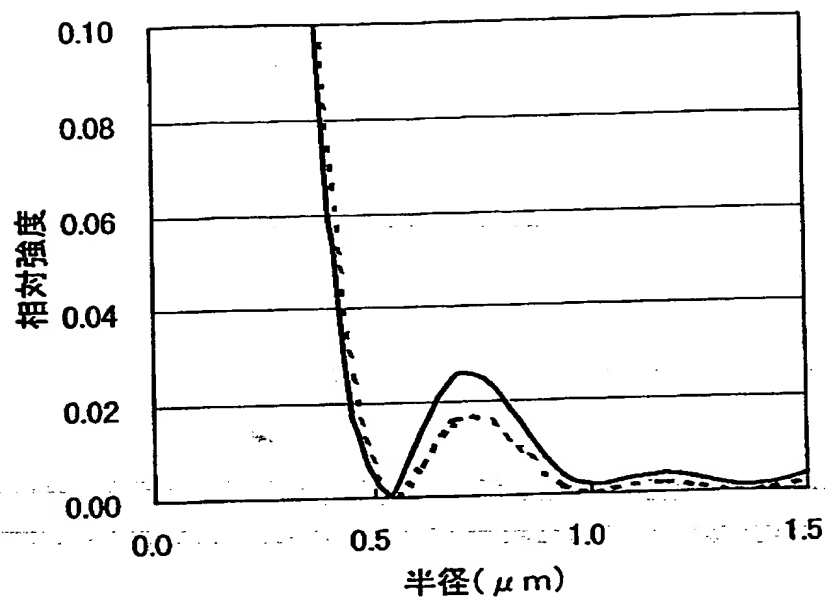
【図4】



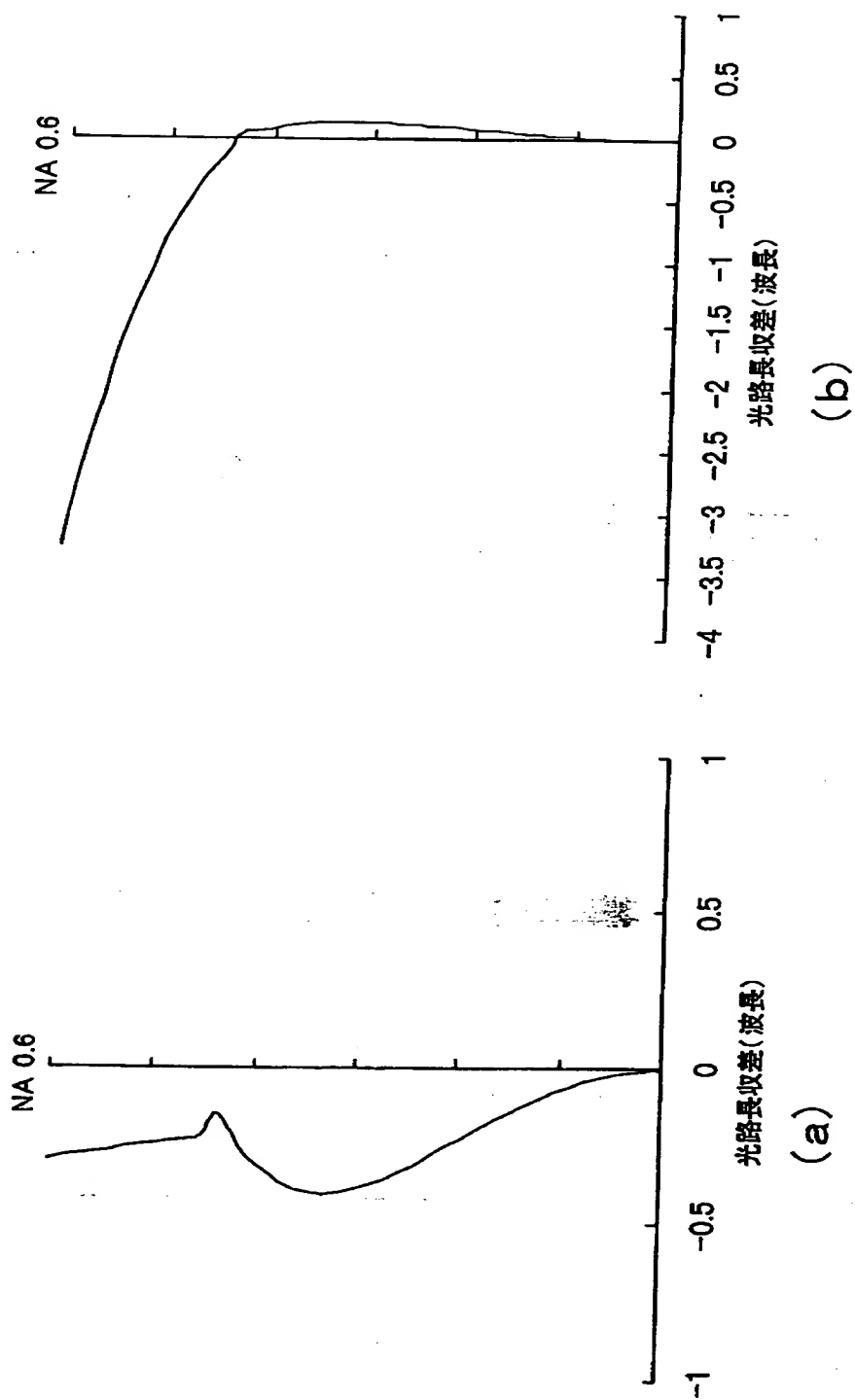
【図 5】



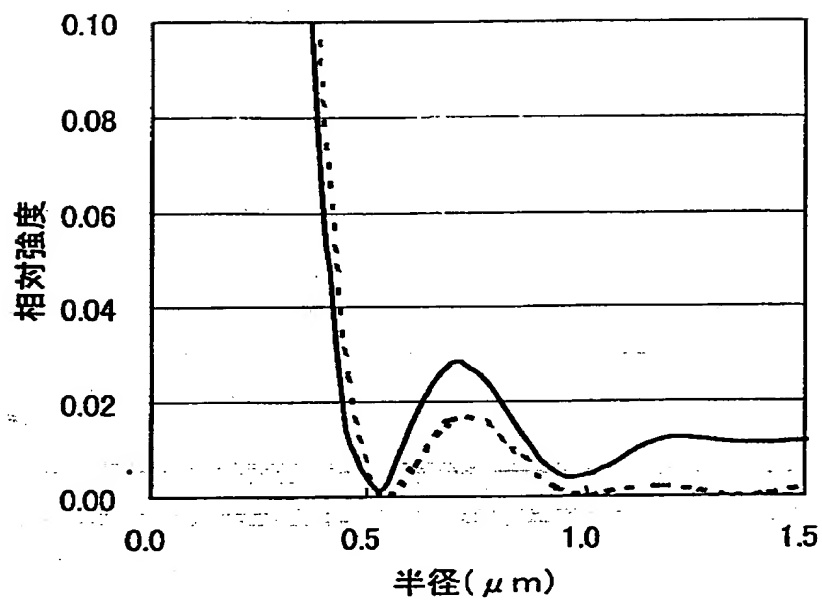
【图 6】



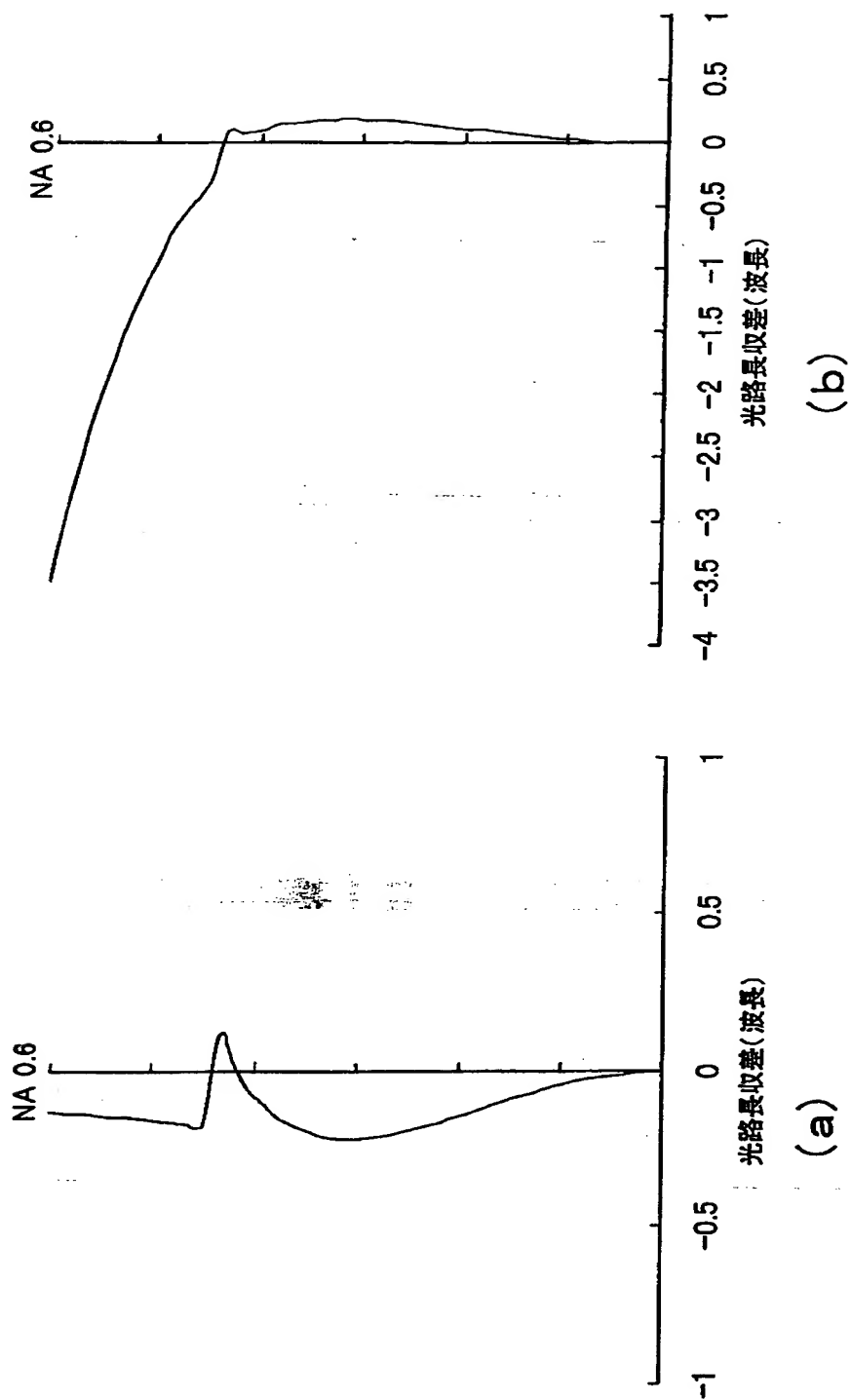
【図 7】



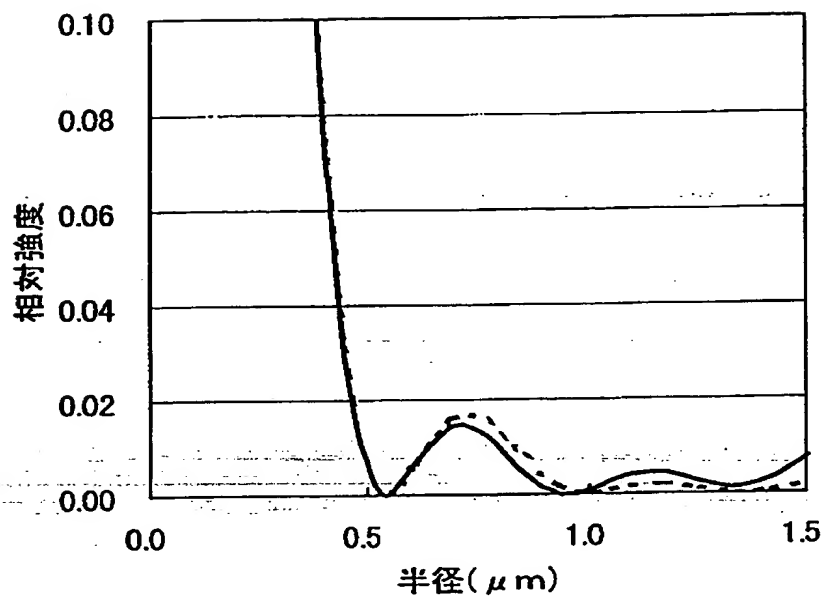
【图 8】



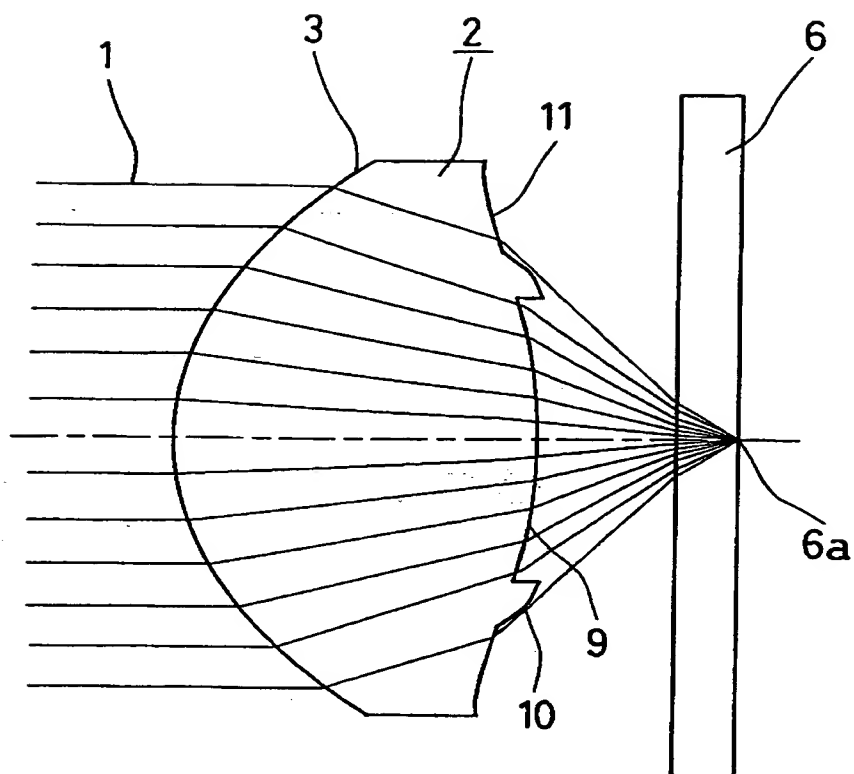
【図 9】



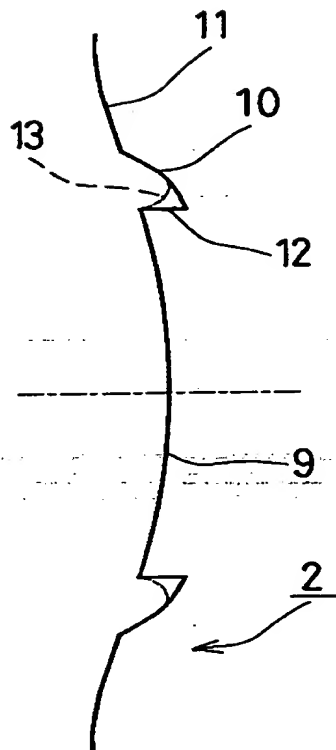
【図 10】



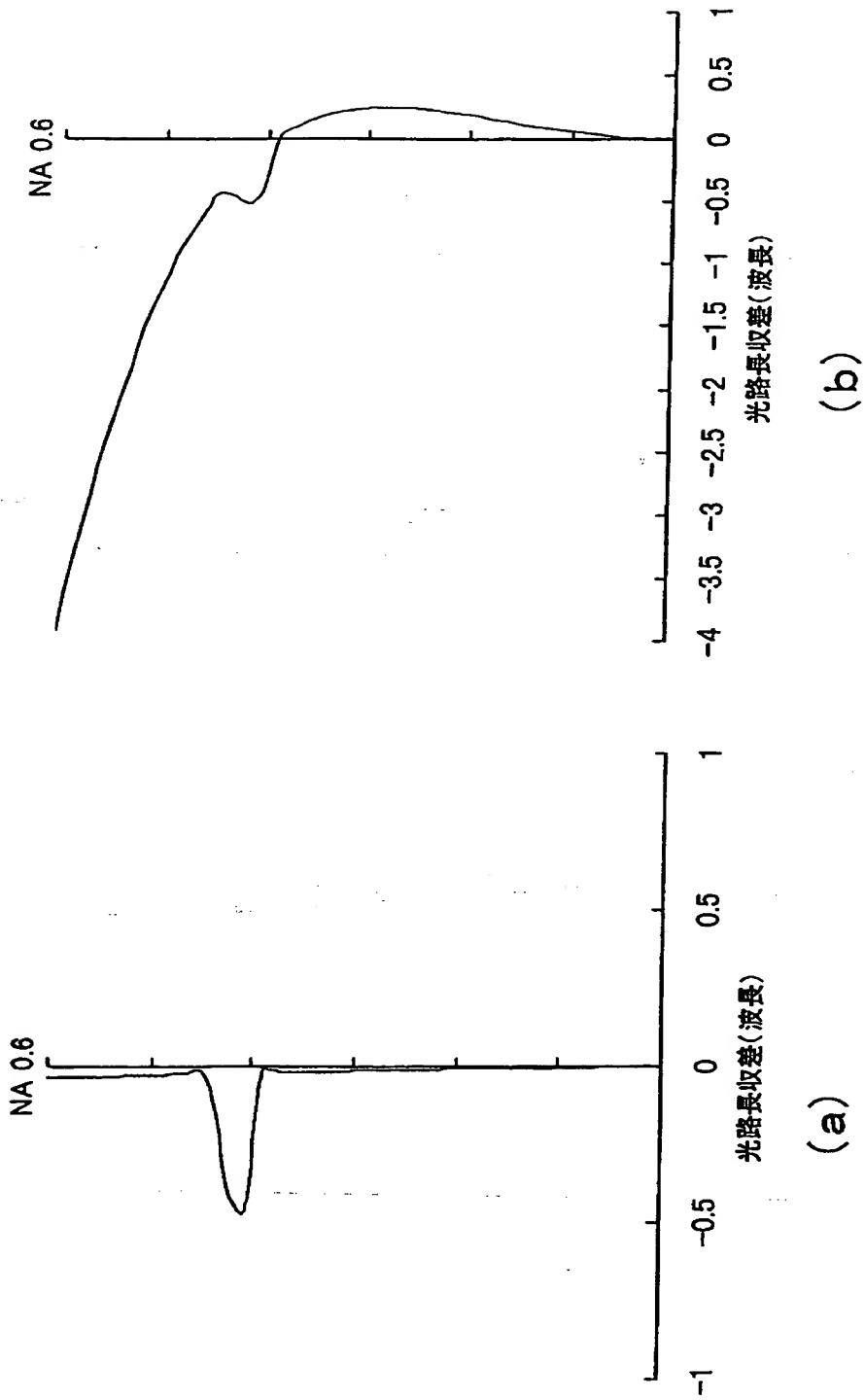
【図 11】



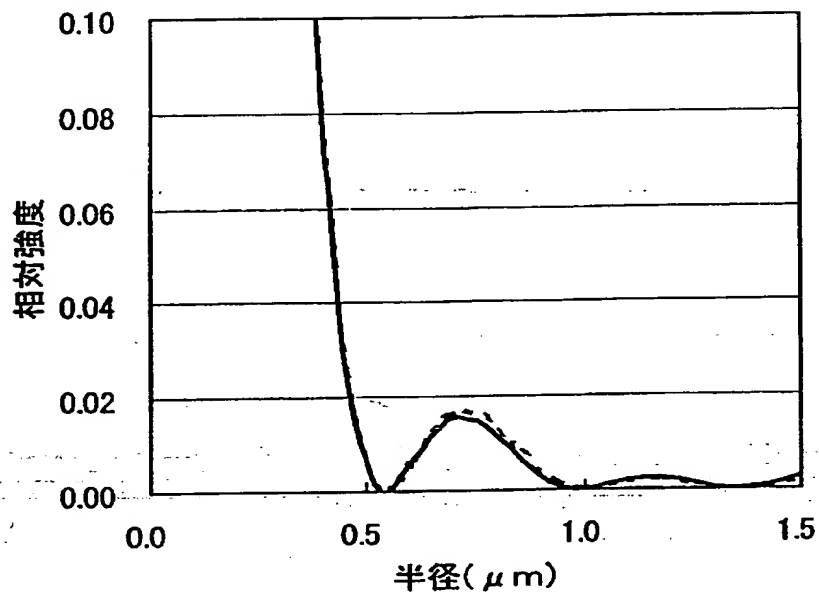
【図 1 2】



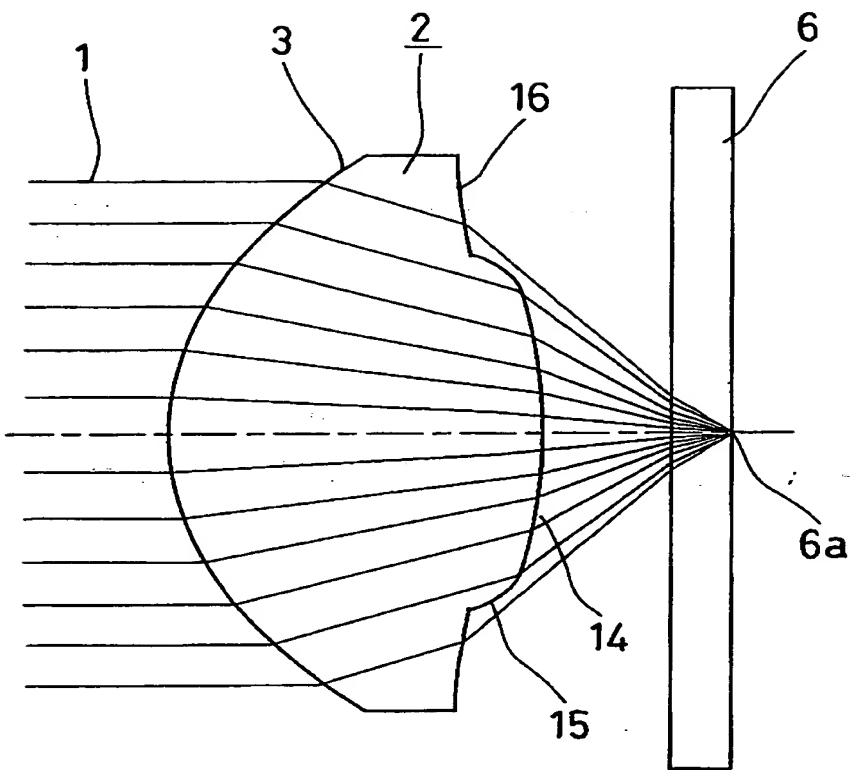
【図 13】



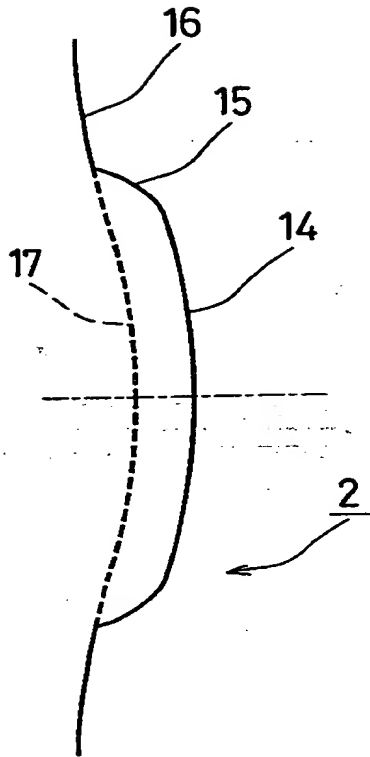
【図 1 4】



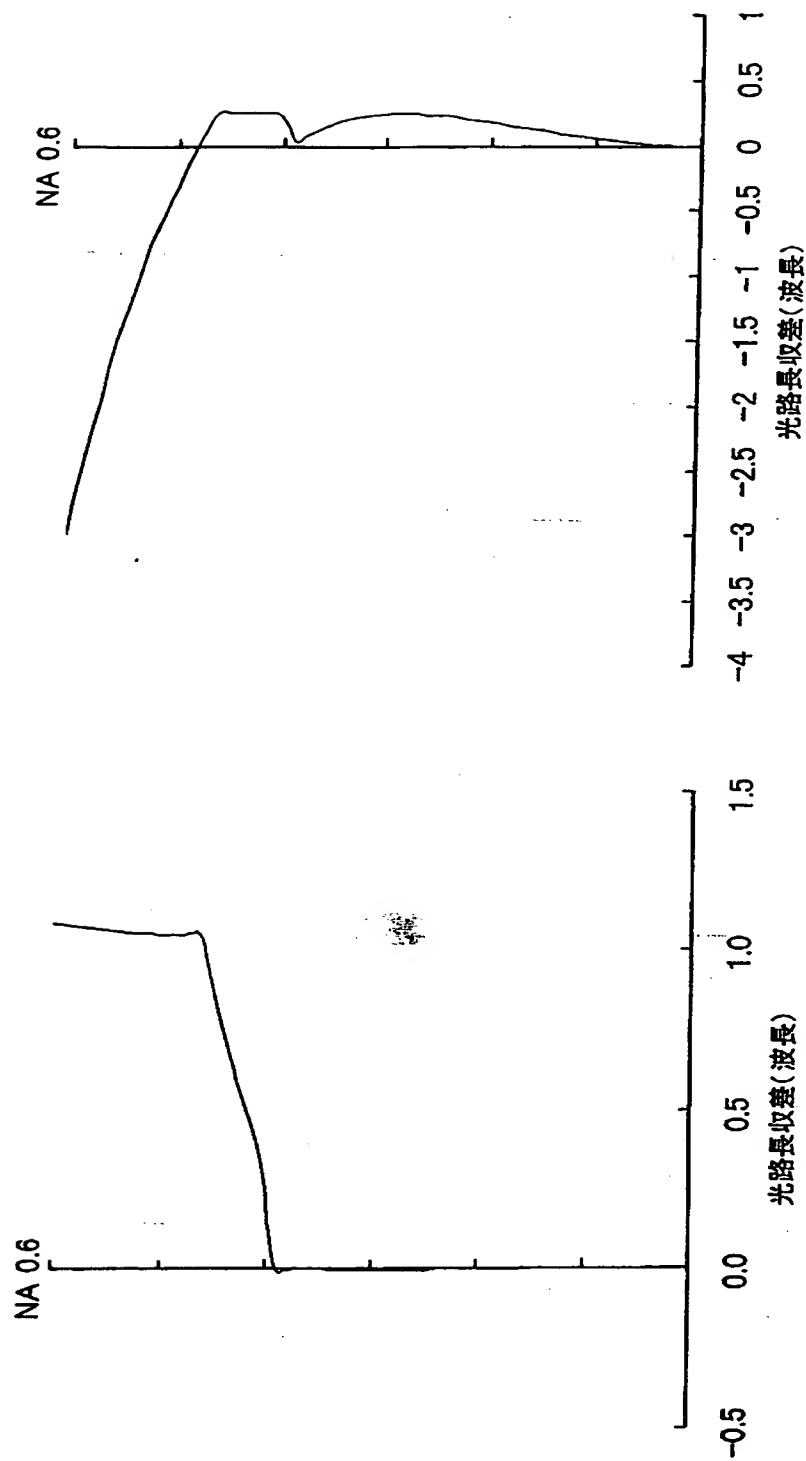
【図 15】



【図 16】



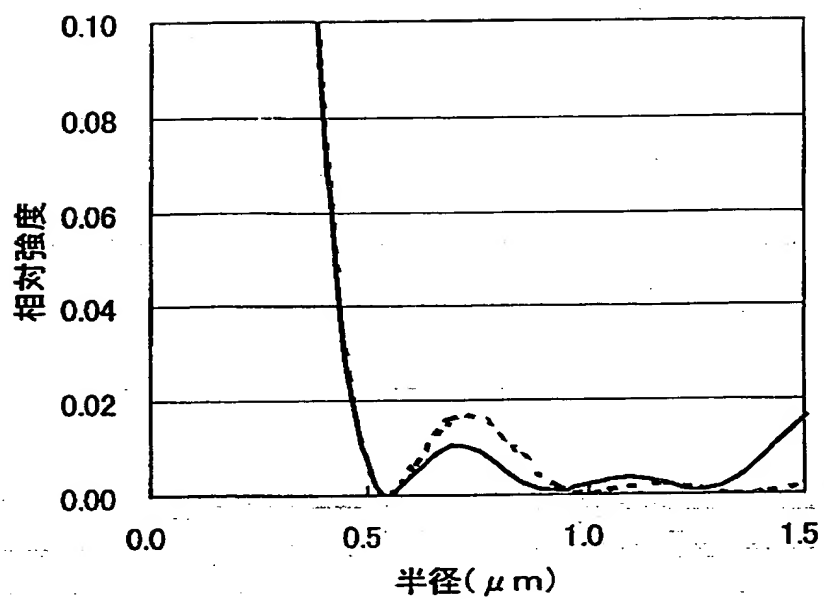
【図 17】



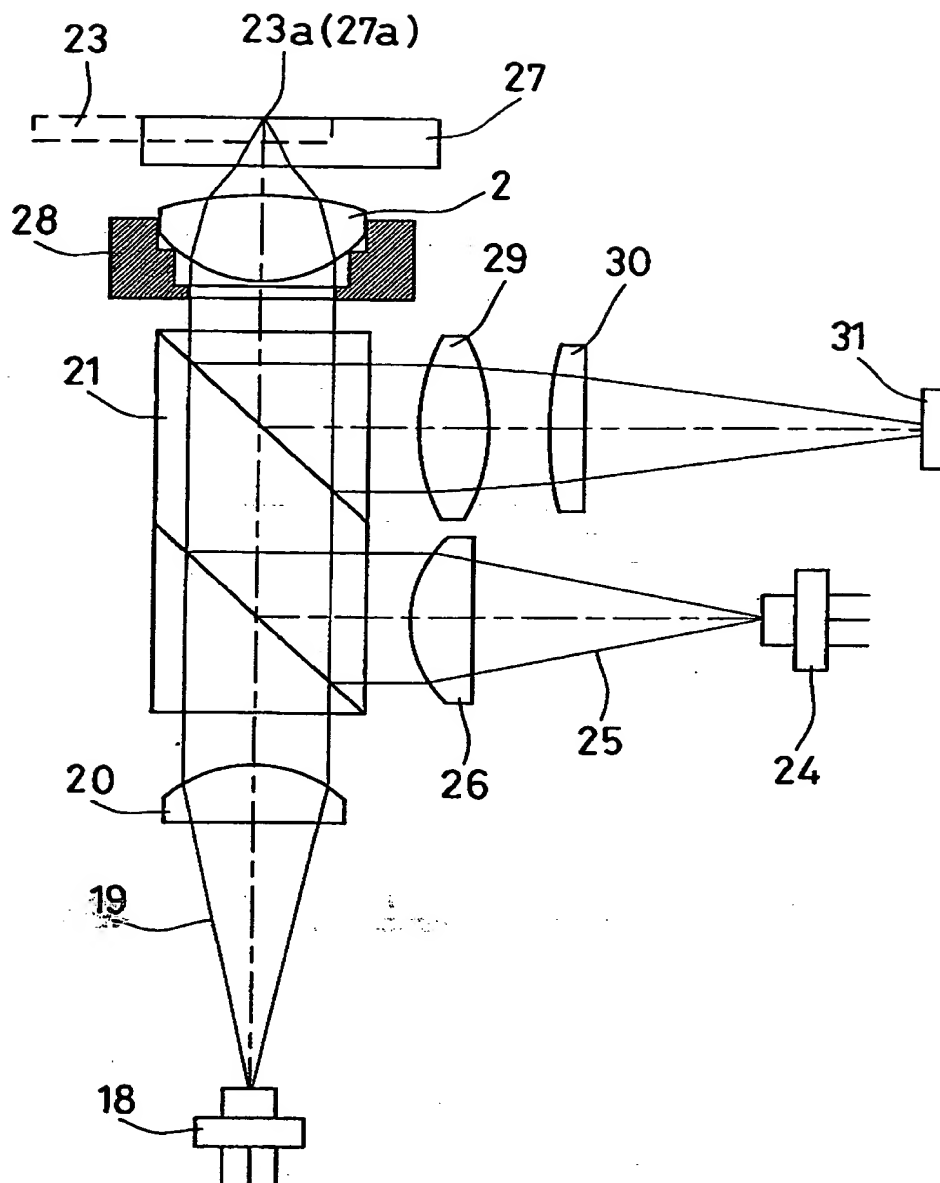
(a)

(b)

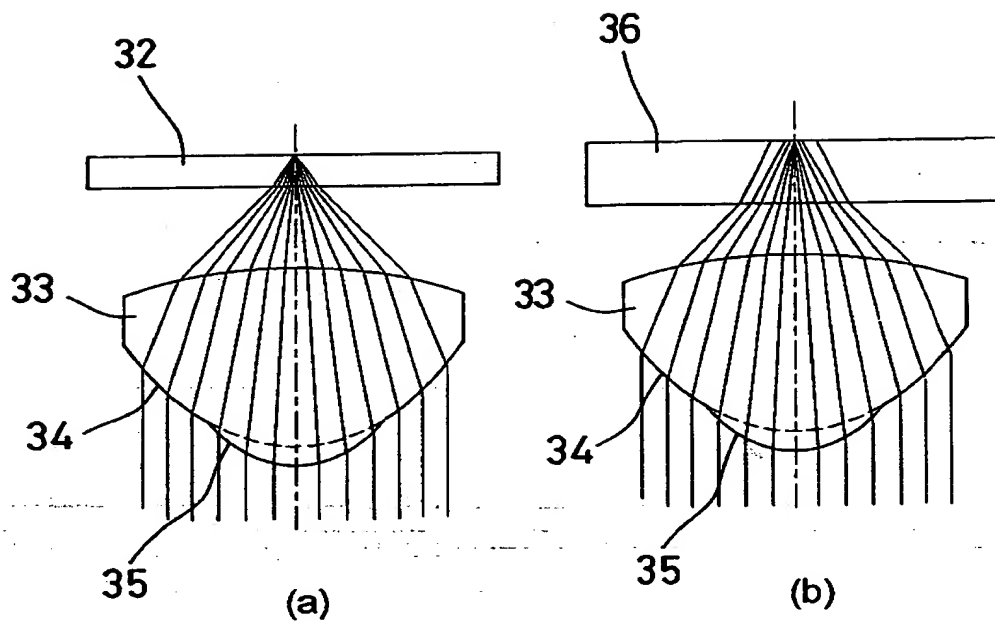
【図 1 8】



【図 19】



【図 2 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズを提供する。

【解決手段】 対物レンズ2を、両面非球面の単レンズにより構成し、光源側の面3を回転対称非球面とする。また、対物レンズ2の光ディスク6側の面を、内周領域4と外周領域5とに分け、内周領域4と外周領域5との境界に光軸にほぼ平行な（光軸方向の） $0.3\mu\text{m}$ 前後の段差7を設ける。そして、対物レンズ2の内周領域4と外周領域5で、基板厚みの異なる光ディスクに対応させて球面収差を補正する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名

松下電器産業株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)